



Etude de neutronique dans le cadre du projet PEREN

Nicolas Thiollière

► To cite this version:

Nicolas Thiollière. Etude de neutronique dans le cadre du projet PEREN. Journées Jeunes Chercheurs, Nov 2003, La-Roche-en-Ardenne, France. pp.249-250. in2p3-00023797

HAL Id: in2p3-00023797

<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00023797>

Submitted on 17 Feb 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude de neutronique dans le cadre du projet PEREN

Nicolas THIOLLIERE

LPSC, Grenoble



57.1 Introduction

Il est d'actualité de se pencher sur la question de l'énergie au niveau mondiale. Depuis un siècle, la consommation dans le monde ne cesse d'augmenter et nous sommes passés de 250 Mtep (Millions de tonnes équivalent pétrole) vers 1950 à 9700 Mtep en 1999. Les pays de l'OCDE (Organisation pour la Coopération et le Développement regroupant 30 pays industrialisés), ont produit plus de 50% de l'énergie mondiale en 1999 alors qu'ils représentent 16% de la population. Cependant, le développement économique de certains pays tels que la Chine ou l'Inde risque encore d'accentuer la tendance de la demande énergétique. Selon une étude récent, l'exploitation du pétrole qui représente 32% de l'énergie mondiale serait limitée, au rythme actuel de production, à une quarantaine d'années. Le charbon (26% de l'énergie) est estimé à 200 années d'utilisation, le gaz (20% de la production énergétique) à 60 ans. L'énergie nucléaire (7% de l'énergie consommée et 17% si on ne considère que l'électricité) est estimée, en se basant sur la consommation actuelle, à deux cent années en considérant les réserves exploitables d'uranium qu'utilisent les filières actuelles, et à quarante ans si sa part de marché devait atteindre 30%. Le problème des ressources va donc se poser inéluctablement. Ajoutons à ceci le soucis relativement récent de la protection de l'environnement qui subit les rejets de ces types d'énergies non renouvelables (émission de gaz à effet de serre pour les énergies fossiles ou déchets radioactifs pour le nucléaire). L'énergétique mondiale devrait naturellement subir de nombreux bouleversements et devra s'adapter au niveau de la quantité (satisfaire la demande croissante et prévoir des solutions au manque de ressources) et sur le plan de la qualité (respect de l'environnement).

La France occupe un statut énergétique particulier en consacrant une part importante de sa production électrique au nucléaire (de l'ordre de 80%) depuis la crise pétrolière de 1973 afin de conserver une certaine indépendance énergétique (la part du nucléaire dans l'électricité française avoisinait les 7% en 1973).

Nous allons, dans un premier temps décrire les concepts de bases de l'énergie nucléaire, puis, après avoir introduit le projet PEREN (Plate-forme d'Etude et de Recherche sur l'ElectroNucléaire), nous définirons ses objectifs et le rôle de notre travail dans ce cadre.

57.2 Problématique de l'énergétique nucléaire

57.2.1 Problèmes liés aux réserves

Les noyaux lourds fissiles connus sont tous instables. Ceux utilisés comme combustible sont l' ^{235}U , disponible dans la nature car sa durée de vie (700 000 millions d'années) n'est pas très éloignée de l'âge de la terre, et le ^{239}Pu , que l'on peut produire par capture neutronique sur ^{238}U . Ce dernier est appelé noyau fertile dans le sens où il produit un noyau fissile après capture d'un neutron. Des estimations récentes prévoient, en postulant la future part du nucléaire à 30% de l'énergie mondiale et en considérant des réacteurs type REP, un épuisement des réserves dans une quarantaine d'années, ce qui impose la mise au point d'une nouvelle filière dans les années à venir. Une solution pourrait venir de la filière thorium que nous introduirons par la suite (cf section 57.3).

57.2.2 Problèmes liés aux déchets

Les réactions nucléaires au sein du coeur d'un réacteur produisent des déchets radioactifs de natures différentes. On peut distinguer les produits de fissions, principalement émetteurs β et de durée de vie courte (d'une dizaine à une centaine d'années) ou relativement longue (jusqu'à plusieurs millions d'années) selon l'isotope considéré. Les actinides (Th, Pa, U, Np, Am, Cm, Pu) issus du combustible et des captures sur ce dernier représentent le plus grand danger ; le fait qu'ils soient émetteurs α et de longue période (plusieurs centaines de milliers d'années) complique leur transport et leur stockage à long terme.

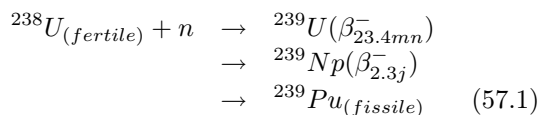
C'est en conséquence qu'a été rédigé la loi Bataille le 30 décembre 1991. Elle impose aux organismes publics de se pencher sur les problèmes liés à l'aval du cycle électronucléaire et de proposer en 2006, des solutions efficaces en ce qui concerne le devenir des déchets nucléaires. Le groupement de recherche GEDEON (GEstion des DEchets par des Option Nouvelles) s'est formé afin d'étudier l'axe un de la loi (transmutation et incinération des déchets).¹ Il regroupe le C.E.A., le C.N.R.S., E.D.F., et FRAMATOME. C'est dans ce cadre qu'a été développé le projet PEREN (Plate-forme d'Etude et de Recherche sur l'ElectroNucléaire) dans lequel mon travail de thèse s'inscrit.

¹L'axe deux de la loi concerne le stockage en profondeur des déchets et l'axe trois concerne leur entreposage en surface.

57.3 Projet PEREN

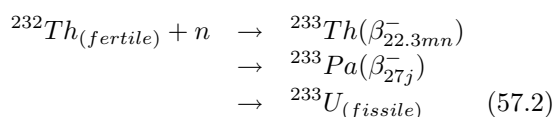
57.3.1 Introduction

Le but du projet est d'étudier une filière régénératrice ou sur-régénératrice dans le sens où elle produirait en fonctionnement autant ou plus de matière fissile qu'elle n'en consomme. Nous avons à disposition trois scénarios possibles générés par deux réactions. Le premier est basé sur le couple Uranium/Plutonium selon la réaction (57.1).



Cette possibilité, ne fonctionnant qu'avec des neutrons rapides, fut réalisée pour le réacteur Super Phénix.

La réaction (57.2) peut être utilisée avec un spectre thermique ou rapide.



C'est cette filière avec un spectre thermique utilisée dans un réacteur à sels fondus qui nous intéresse, dans le cadre du projet PEREN, à l'I.S.N. Un réacteur à sels fondus se compose d'un squelette cylindrique de graphite haute densité percé de canaux à l'intérieur desquels circule le sel fondu. Ce dernier constitue le combustible (les noyaux fertiles et fissiles y sont dissous) et le fluide caloporteur, tandis que le graphite assure le rôle de modérateur et de structure solide pour le réacteur. Le fait que le combustible circule dans les circuits du système offre de nombreux avantages, en comparaison aux réacteurs traditionnels (REP) comme la possibilité du retraitement en ligne du combustible. Des études par simulation numérique montre l'avantage de la filière thorium en faisant apparaître le fait qu'elle produirait environ mille fois moins de déchets, en termes de radio-toxicité, pour la même puissance fournie, que les filières actuelles.

57.3.2 Présentation du projet

Le réacteur à sels fondus est étudié dans le groupe par simulation numérique basée sur le code de transport MCNP, qui utilise différentes bases de données nucléaires. Ces bases diffèrent entre elles, ce qui induit des variations conséquentes dans le comportement du réacteur. Il est donc nécessaire de mesurer ces sections efficaces afin d'obtenir une simulation prédictive du réacteur.

Moyens à disposition

La plate-forme en projet à Grenoble sera composée d'un générateur de neutron pulsé pouvant être couplé

à divers massifs ralentisseurs (plomb, graphite, téflon).

Le bloc de graphite (carbone de densité $\rho=1.8 \text{ g.cm}^{-3}$) sera du type ortho-cylindrique de 1 mètre de diamètre. Il sera percé de plusieurs canaux périphériques qui seront remplis de graphite ou de sels fondus et d'un canal central qui contiendra la source de neutrons et certains matériaux à tester.

Un générateur de neutrons pulsé (GENEPI, actuellement en fonctionnement au C.E.N. de Cadarache) fut utilisé pour une étude à l'aide d'un spectromètre à temps de ralentissement au plomb effectuée à l'I.S.N. Il produit des neutrons par la réaction d'ions deutons (D^+) accélérés qui heurtent soit une cible de deutérium en éjectant des neutrons d'une énergie moyenne de 2.5 MeV, soit une cible de tritium pour des neutrons de l'ordre de 14 MeV. Nous pouvons considérer en première approximation que la source de neutrons est isotrope. Le nouveau générateur (GENEPI 2) a des caractéristiques similaires à GENEPI. Les études du ralentissement des neutrons imposent une connaissance précise de leurs instants d'apparition, ce qui justifie que le faisceau de particules chargées soit pulsé.

La corrélation énergie-temps

C'est en 1944, que Feinberg a exposé sa théorie sur le ralentissement des neutrons dans la matière qui peut se formuler de la manière suivante. Lors de la diffusion d'un neutron, ayant une énergie supérieure à l'énergie thermique du milieu et se trouvant dans une gamme énergétique dominée par la diffusion élastique et où la section efficace est constante, son énergie cinétique est fortement corrélée à son temps de ralentissement. Nous avons alors :

$$E = \frac{K}{(t + t_0)^2} \quad (57.3)$$

Le paramètre K est inversement proportionnel au carré de la section efficace de diffusion élastique du neutron sur le noyau considéré.

Experimentalement, nous mesurons un instant t_r (mis en évidence, par exemple, avec une cible résonante situé dans le massif) tandis que nous connaissons l'énergie associée E_r (l'énergie de résonance dans l'exemple précédent), et le couple (E_r, t_r) nous donne la valeur de la section efficace de diffusion élastique du massif que nous étudions.